

# ZMIANA WZORCA CHODU I DYSTANSU MARSZU W TRAKCIE ZAPOZNAWANIA SIĘ PACJENTA Z CHROMANIEM PRZESTANKOWYM ZE SPECYFIKĄ MARSZU NA BIEŻNI

Effect of familiarization to treadmill walking on gait profile and walking distance in subjects with claudication



Piotr Mika<sup>1</sup>, Anna Spannbauer<sup>2</sup>, Andrzej Cencora<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Katedra Rehabilitacji Klinicznej, Akademia Wychowania Fizycznego w Krakowie

<sup>2</sup>Wydział Nauk o Zdrowiu, Collegium Medicum, Uniwersytet Jagielloński w Krakowie

Pielęgniarstwo Chirurgiczne i Angiologiczne 2009; 2: 65–69

Adres do korespondencji:

dr med. **Piotr Mika**, Katedra Rehabilitacji Klinicznej, Akademia Wychowania Fizycznego w Krakowie, al. Jana Pawła II 78, 31-571 Kraków, tel./faks +48 12 683 13 00, e-mail: piotrmika@poczta.fm

## Streszczenie

**Wstęp:** Trening marszowy na bieżni prowadzi do wydłużenia dystansu marszu u pacjentów z chromaniem przestankowym. Jednym z potencjalnych mechanizmów obserwowanych zmian jest poprawa ekonomii i biomechaniki chodu. Ocena efektów treningu jest wykonywana najczęściej także na bieżni w trakcie prób marszowych. Sytuacja, w której to samo narzędzie badawcze stosowane jest zarówno do treningu, jak i do oceny jego efektów, wiąże się z ryzykiem wpływu czasu zapoznawania się pacjenta ze stosowaną procedurą na ocenę efektów terapii.

**Cel pracy:** Określenie czasu potrzebnego pacjentom z chromaniem przestankowym na zapoznanie się z techniką chodu na bieżni.

**Materiał i metody:** W badaniach uczestniczyło 43 pacjentów z chromaniem przestankowym (Fontaine II B), w wieku 50–70 lat. Pacjenci z dystansem marszu do 100 m zostali zakwalifikowani do grupy I (n = 17), a powyżej 100 m do grupy II (n = 26). Wszyscy badani pięciokrotnie chodzili na bieżni (3,2 km/godz., 0% nachylenia). Czas każdego marszu w grupie II wynosił 2 min. Rejestrowano długość, częstotliwość, regularność kroków oraz HR. W grupie I wysiłki przerywane były w chwili pojawienia się chromania. Oceniano dystans marszu.

**Wyniki:** Podczas kolejnych trzech marszów w grupie II zaobserwowano 15-procentowy wzrost długości, 13-procentowe zmniejszenie częstotliwości kroków ( $p < 0,05$ ) oraz 50-procentową poprawę w zakresie regularności kroków ( $p < 0,05$ ). Obserwowanym zmianom towarzyszyło 17,8-procentowe obniżenie HR ( $p < 0,05$ ). W grupie I stwierdzono 55-procentowy wzrost dystansu pojawienia się chromania w trakcie kolejnych czterech prób ( $p < 0,05$ ).

**Wnioski:** Ocena dystansu marszu prowadzona na bieżni u pacjentów z chromaniem przestankowym powinna być wy-

## Summary

**Background:** Treadmill training improves walking ability of patients with claudication. One of the possible mechanisms leading to increase in walking distance may be improvement in walking economy through exercise-mediated alterations in gait parameters. The assessment of walking distance in these patients is usually performed on the treadmill. However, insufficient familiarization to treadmill walking may affect comparison of pre- and post-training results, particularly in the situation when the same research tool is used for both the training and the assessment.

**Aim of the study:** This study investigated the time of familiarization to treadmill walking in patients with claudication needed to avoid the above problem.

**Method:** Forty-three patients (aged 50-70) with peripheral arterial disease and intermittent claudication (Fontaine II B) were evaluated in this study and divided into two groups. Subjects with walking distance of no more than 100 m were assigned to group I (n = 17) and those with walking distance of more than 100 m to group II (n = 26). All patients performed five successive walking trials on the treadmill (3 km/h, 0% grade). During each trial the patients in group I were walking to the onset of claudication pain. The pain-free walking distance was assessed. Each trial in group II consisted of two minutes' treadmill walking. The gait parameters (stride length, cadence, stride CV) and HR were recorded.

**Results:** Following the first 3 trials a 15% increase in the stride length, 13% cadence decrease and 50% stride CV decrease ( $p < 0.05$ ) were observed in group II. Also 17.8% HR decrease was noted at the same time. Patients in group I increased pain-free walking distance by 55% within 4 trials ( $p < 0.05$ ).

konywana po wcześniejszym zapoznaniu się chorego z techniką chodu na bieżni. Okres ten nie powinien być krótszy niż 6 minut.

**Słowa kluczowe:** chromanie, bieżnia, adaptacja.

**Conclusion:** At least 6 min. prior to data collection is needed to provide adequate treadmill familiarization in patients with claudication.

**Key words:** claudication, treadmill, familiarization.

## Wstęp

Chromanie przestankowe jest objawem charakterystycznym dla II stopnia miażdżycy tętnic kończyn dolnych (MTKD) wg Fontaine'a, charakteryzującego się wysiłkowym bólem mięśni, który zmusza chorego do zatrzymania się i ustępuje w trakcie odpoczynku [1–3]. Dolegliwość ta w znacznym stopniu ogranicza możliwości lokomocji, powoduje pogorszenie jakości życia i jest przyczyną niepełnosprawności. W praktyce klinicznej istotne znaczenie ma ocena dystansu (lub czasu marszu) pokonywanego bez bólu, a także maksymalnego dystansu (lub czasu) marszu, gdy dolegliwości bólowe mięśni kończyn dolnych osiągają nasilenie uniemożliwiające kontynuowanie wysiłku [4, 5].

Ocena możliwości lokomocyjnych chorego może być przeprowadzona podczas różnych testów. Coraz powszechniej stosowane są próby marszowe na bieżni o stałym i zmiennym obciążeniu [5–8], test marszu 6-minutowego [9, 10] oraz test wahadłowy [11]. Ocena możliwości chodu pacjenta z MTKD jest nie tylko istotna do celów diagnostycznych i decyzji co do dalszego postępowania leczniczego, ale także jest miernikiem skuteczności postępowania rehabilitacyjnego u pacjentów z chromaniem przestankowym [3, 5, 12]. W tej grupie chorych trening marszowy prowadzony na bieżni ruchomej stanowi, zgodnie z zaleceniami TASC II [12], integralną część leczenia zachowawczego, obok farmakoterapii i profilaktyki czynników ryzyka. Efektem takiego postępowania jest poprawa możliwości lokomocyjnych pacjenta, przekraczająca zazwyczaj 100% [13–15].

Sytuacja, w której to samo narzędzie badawcze jest stosowane na potrzeby treningu i do oceny jego efektów, jest niekorzystna ze względów metodologicznych i może wpłynąć na rzetelność wyników takiego protokołu. Z tego względu bardzo istotne znaczenie ma wcześniejsze zapoznanie chorego z techniką chodu na bieżni (*familiarization*). Według wiedzy autorów niniejszego opracowania dotychczas brak jest jednoznacznych danych dotyczących długości tego okresu u pacjentów z miażdżycą kończyn dolnych. Dlatego też celem pracy było określenie czasu, jaki pacjent z chromaniem przestankowym powinien chodzić na bieżni, zanim zostanie przeprowadzona ocena jego możliwości lokomocyjnych przy użyciu tego narzędzia badawczego.

## Materiał i metody

Do badań zakwalifikowano 43 chorych na MTKD i z objawami chromania przestankowego w stopniu IIB

wg Fontaine'a. Z badań wykluczono pacjentów niezdolnych do chodu na bieżni z prędkością 3,2 km/godz., a także z chorobami współistniejącymi stanowiącymi przeciwwskazania do tej formy wysiłku. Do badań nie zakwalifikowano również chorych ze zmianami reumatycznymi o charakterze zwyrodnieniowym i zapalnym stawów kończyn dolnych i kręgosłupa oraz problemami ortopedycznymi mającymi wpływ na ograniczenie zakresu ruchu w stawach kończyn dolnych i możliwości lokomocyjnych. Wykluczeni zostali również chorzy na cukrzycę ze względu na obecność neuropatii obwodowej i ryzyko powikłań stopy cukrzycowej. Następnie pacjentów podzielono na 2 grupy. Do grupy I zakwalifikowano chorych z dystansem marszu do 100 m ( $n = 17$ ), a do grupy II z dystansem marszu powyżej 100 m ( $n = 26$ ). Podziału dokonano na podstawie wcześniejszej oceny możliwości funkcjonalnych badanych. Żaden z zakwalifikowanych pacjentów nie chodził wcześniej na bieżni. Charakterystykę badanych przedstawiono w tabeli 1.

Wszystkich pacjentów badano na bieżni ruchomej (Gait Trainer, Biodex). W grupie II oceniano wybrane biomechaniczne parametry chodu. Chorzy poddani zostali 5-krotnemu interwałowemu wysiłkowi marszowemu na bieżni. Czas każdego marszu wyniósł 2 min (przy prędkości 3,2 km/godz., 0% nachylenia). Parametry te wybrano zgodnie z powszechnie stosowanymi próbami wysiłkowymi w tej grupie chorych [5]. Odpoczynek pomiędzy kolejnymi wysiłkami trwał 5 min. Podczas każdego marszu rejestrowano w sposób ciągły długość kroków, częstotliwość kroków oraz ich regularność (CV) (Biodex – *patient data collection software*), a także częstość skurczów serca (HR) mierzoną telemetrycznie (Polar Heart Rate Monitor).

W grupie I pacjenci również poddani zostali 5-krotnemu interwałowemu wysiłkowi na bieżni (przy prędkości 3,2 km/godz., 0% nachylenia), z tym, że wysiłek przerwano w chwili pojawienia się bólu. Oceniano dystans pojawienia się chromania (DPC). Odpoczynek pomiędzy kolejnymi wysiłkami był zależny od tempa ustępowania dolegliwości bólowych i trwał średnio ok. 5 min. Celowy dobór do grupy I chorych o krótkim dystansie marszu zapewniał, że kolejne wysiłki nie przekroczą 2 min, co umożliwi porównanie charakteru ewentualnych zmian biomechaniki chodu badanych w grupie II z potencjalnymi zmianami DPC ocenianego w grupie I. Pacjenci z obu grup byli instruowani, aby nie wspierać się na poręczach podczas marszu [16]. Dozwolono jedynie lekkie oparcie rąk w celu zapewnienia równowagi. Badania zostały zaakceptowane przez komisję bioetyczną.

## Analiza statystyczna

Dane uzyskane w trakcie powtarzalnych wysiłków wyrażono w postaci średniej i odchylenia standardowego. W celu określenia różnic pomiędzy zmiennymi zależnymi użyto analizy ANOVA z powtarzanymi pomiarami. Okres zmian adaptacyjnych uznawano za zakończony, gdy nie stwierdzano istotnych statystycznie różnic pomiędzy zmiennymi zależnymi w powtarzalnych pomiarach ( $p > 0,05$ ).

## Wyniki

Podczas kolejnych trzech 2-minutowych marszów na bieżni, w grupie II obserwowano istotne statystycznie różnice w zakresie długości i częstotliwości kroków, a także regularności kroków ( $p < 0,05$ ). W tym okresie stwierdzono 15-procentowy wzrost długości kroku oraz 13-procentowy spadek częstotliwości. Zanotowano również znaczną poprawę regularności kroków w postaci 50-procentowego zmniejszenia współczynnika ich zmienności (CV) (tab. 2.). Po tym czasie kolejne 2 próby nie przyniosły już istotnych statystycznie różnic w zakresie analizowanych parametrów chodu ( $p > 0,05$ ). Zmianom w zakresie biomechaniki marszu towarzyszyło istotne statystycznie zmniejszenie maksymalnych wartości HR (17,8%) uzyskiwanych w kolejnych próbach (tab. 2.). W grupie I zaobserwowano natomiast 55-procentowy wzrost DPC w trakcie kolejnych czterech marszów

( $p < 0,05$ ). Kolejna, piąta próba nie spowodowała istotnych zmian w tym zakresie ( $p > 0,05$ ) (ryc. 1.).

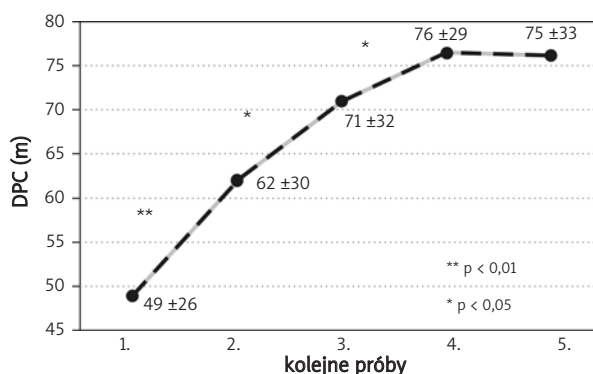
## Omówienie wyników

Przeprowadzone badania wskazują, że u pacjentów z chropaniem przestankowym podczas pierwszych 6 min marszu na bieżni zachodzą zmiany w biomechanice chodu i HR.

Chód na bieżni nie jest naturalną formą poruszania się człowieka, a różnice w biomechanice marszu na bieżni i w środowisku naturalnym były wielokrotnie wykazywane [17–20]. Ocena możliwości lokomocyjnych przy użyciu tego narzędzia wymaga zatem wcześniejszego zaznajomienia się ze sposobem chodu na bieżni. Okres ten zwykle określany jest jako czas, kiedy różnice pomiędzy powtarzalnymi pomiarami określonych parametrów przestają być istotne statystycznie [21, 22]. Wyniki badań własnych pozostają w zgodzie z prezentowanymi w pracach dotyczących populacji ludzi zdrowych. Lawcanska i wsp. [23] wskazują, że zmiany w biomechanice chodu zachodzą podczas pierwszych 6 min biegu na bieżni. W tym czasie obserwowano stabilizację kinematycznych parametrów ruchu kąтового miednicy, biodra, kolana, stawu skokowego, a także częstotliwości i długości kroku. Kolejne minuty spędzone na bieżni nie prowadziły już do istotnych zmian ocenianych parametrów. Również Matsas i wsp. [21] potwierdzają, że podczas pierw-

Tabela 1. Charakterystyka badanych

	Grupa I (n = 17)	Grupa II (n = 26)
wiek (lata)	69 ± 9,9	67 ± 6,3
wzrost (cm)	167,8 ± 7,5	169,8 ± 6
masa ciała (kg)	78,7 ± 11,4	79,1 ± 9,7
BMI (kg/m <sup>2</sup> )	27,9 ± 3,4	27,4 ± 2,7
płeć (% mężczyźni)	92,3	88,2



Ryc. 1. Zmiany dystansu pojawienia się chromania (DPC) podczas kolejnych wysiłków na bieżni w grupie I

Tabela 2. Zmiany parametrów biomechanicznych chodu oraz HR w kolejnych próbach w grupie II

	Wysiłki marszowe (2 min)				
	1	2	3	4	5
długość kroków (m)	0,46 ± 0,03	0,51 ± 0,04*	0,53 ± 0,02***	0,54 ± 0,05	0,54 ± 0,07
częstotliwość kroków (krok/s)	0,93 ± 0,08	0,85 ± 0,09*	0,81 ± 0,06***	0,80 ± 0,07	0,80 ± 0,08
regularność kroków (CV) (%)	21,5 ± 2,5	15,8 ± 1,3**	10,8 ± 1,3***	11,0 ± 1,0	11,6 ± 0,95
HR (sk./min)	102 ± 11	98 ± 7*	93 ± 6***	92 ± 8	91 ± 9

\*  $p < 0,05$ , \*\*  $p < 0,01$  dla prób: 2 w stosunku do 1, \*\*\*  $p < 0,05$  dla prób: 3 w stosunku do 2

szych 6 min marszu zmienia się kątowy zakres pracy stawu kolanowego, a także zauważana jest w tym czasie większa częstotliwość i mniejsza długość kroków w porównaniu z chodem w środowisku naturalnym. W badaniach własnych zaobserwowano w tym samym czasie zwiększenie długości i zmniejszenie częstotliwości kroków, a także poprawę ich regularności. Zmiany te niewątpliwie są zmianami adaptacyjnymi i świadczą o opanowaniu przez chorego techniki marszu na bieżni. Jest to tzw. efekt uczenia się (*learning effect*). Zmianom w biomechanice chodu towarzyszyło zmniejszenie maksymalnych wartości HR obserwowanych podczas kolejnych 2-minutowych marszów. Istotnie statystycznie zmiany były widoczne w trakcie pierwszych 6 min marszu. Zmniejszenie HR może świadczyć zarówno o poprawie ekonomii chodu związanej prawdopodobnie ze zmianą biomechaniki chodu, jak i może być wynikiem zmniejszenia stresu związanego z samym badaniem, zwłaszcza że obserwowane wartości HR podczas wysiłku były małe i w takim zakresie obarczone są znacznym wpływem czynników natury niemetabolicznej. Niemniej jednak oba mechanizmy wskazują na zachodzenie zmian o charakterze adaptacyjnym w kolejnych minutach marszu. Można również stwierdzić, że zmianom o charakterze adaptacyjnym, obserwowanym w grupie II, towarzyszyło stopniowo zwiększenie dystansu marszu ocenianego w grupie I, gdzie w kolejnych 4 próbach zanotowano 55-procentowe zwiększenie DPC. Pacjenci przebyli średnio w tym czasie łączny dystans 258 m (ryc. 1), co przy prędkości 3,2 km/godz. zajęło ok. 5 min. Kolejna, piąta próba nie spowodowała już istotnych zmian ocenianego parametru. W obu grupach otrzymano więc wyniki bardzo zbliżone, jednakże ze względu na różnice w czasie trwania wysiłków pomiędzy grupami nie było możliwe skorelowanie otrzymanych wartości.

Podczas zapoznawania pacjenta z chodem na bieżni istotną kwestią może wydawać się dobór odpowiedniej prędkości. Prędkość komfortowa wydaje się tu być optymalną i była ona często stosowana przy określaniu wzorca chodu u pacjentów z chromaniem przestankowym [24–27]. W badaniach własnych zastosowano prędkość 3,2 km/godz. i 0% nachylenia bieżni, gdyż są to parametry wyjściowe dla stopniowanych prób wg protokołów Gardnera i Hiatta [5], zalecanych w tej grupie chorych. Nauka chodu z tą prędkością mogłaby więc stanowić lepsze przygotowanie do takiego testu. Możliwe jest również, że dobór prędkości w tym przedziale nie ma większego znaczenia dla właściwego zapoznania się pacjenta z marszem na bieżni. Badania przeprowadzone przez Taylora i wsp. [28] wydają się potwierdzać to stanowisko. Autorzy pracy oceniali zmiany w amplitudzie ruchów kątowych kregostupa lędźwiowego i miednicy podczas marszu na bieżni i stwierdzili, że zmiany analizowanych parametrów zachodzą tylko podczas pierwszych 4 min marszu i – co istotne – czas ten jest niezależny od prędkości chodu.

Podczas gdy okres zapoznawania się chorego ze sposobem poruszania się na bieżni (*familiarization*) jest definiowany jako proces szybkiego przystosowania się, wskazuje się także na istnienie bardziej odległych zmian adaptacyjnych określanych jako przyzwyczajanie się, wytworzenie umiejętności (*habituation*). Schieb [29] zauważył, że podczas gdy 8-minutowa sesja treningowa wystarcza do zapoznania się ze sposobem biegu na bieżni, to o wytworzeniu umiejętności można mówić dopiero po trzech 15-minutowych sesjach. W badaniach własnych nie analizowano odległych zmian adaptacyjnych, chociaż prawdopodobnie występują one również podczas treningu na bieżni pacjentów z chromaniem przestankowym. Gardner i wsp. [24], oceniając wzorzec chodu w tej grupie chorych wskazują, że obserwowana we wcześniejszych badaniach poprawa ekonomii chodu [30] w toku treningu marszowego na bieżni może być m.in. związana z poprawą zaburzonej biomechaniki. Sugeruje tym samym, że zmiany w biomechanice chodu mogą być jednym z potencjalnych mechanizmów wzrostu dystansu marszu. W aspekcie oceny tego mechanizmu poświęcenie odpowiednio długiego czasu na zapoznanie się z techniką chodu na bieżni pacjenta z chromaniem przestankowym przed rozpoczęciem treningu i oceną jego efektów wydaje się szczególnie istotne. Brak jest jednak precyzyjnych informacji dotyczących czasu, jaki powinien być przeznaczony do tego celu. Często podaje się, że zastosowano dodatkową próbę marszową, a dopiero wyniki kolejnej były wykorzystane do porównania z wynikami końcowymi treningu w celu określenia jego skuteczności [31–33]. Nasuwa się pytanie, czy postępowanie takie jest wystarczające? Opierając się na wynikach badań własnych, można stwierdzić, że jedna próba marszowa o stałym obciążeniu (prędkość 3,2 km/godz., 0% nachylenia) może być uznana za wystarczającą do zapoznania się ze sposobem chodu na bieżni tylko w przypadku chorych o dystansie marszu powyżej 320 m, gdyż taki odcinek drogi pokonywany jest w ciągu 6 min przy prędkości 3,2 km/godz. Zastosowanie prób o stopniowanym obciążeniu (ze wzrastającym kątem nachylenia bieżni) dodatkowo skraca czas marszu chorego w związku ze wzrostem intensywności wysiłku. Zwiększa się w ten sposób ryzyko pojawienia się czynnika, jakim jest niewystarczające zapoznanie się chorego z charakterem chodu na bieżni (*insufficient familiarization*), zwłaszcza w sytuacji, gdy stosowana jest tylko jedna próba. Stan taki może w istotny sposób wpłynąć na prezentowane wyniki poprawy dystansu marszu obserwowanej podczas treningu pacjentów z chromaniem przestankowym. W pracy Gardnera i wsp. [34] poprawa dystansu pojawienia się chromania ocenianego na bieżni ruchomej po 6 mies. treningu na bieżni wyniosła 119% (ze 160 m na 351 m), podczas gdy zwiększenie tego parametru oceniane testem marszu 6-minutowego tylko 38% (ze 142 m na 195 m). Podobnie w późniejszej pracy Gardnera i wsp. [10] po 6 mies. treningu na bieżni zaob-



serwowano zwiększenie dystansu pojawienia się chromania w wysokości 109% dla pomiaru wykonywanego na bieżni, podczas gdy ocena testem marszu 6-minutowego wykazała zaledwie 29% poprawy. Istnieje zatem duża dysproporcja w przyroście dystansu marszu pomiędzy omawianymi testami. Być może właśnie czynnik, jakim są zmiany o charakterze adaptacyjnym zachodzące w pierwszych minutach marszu na bieżni, stanowi częściowo przyczynę tak dużych różnic. Biorąc pod uwagę fakt, że poruszanie się na bieżni nie jest naturalną formą ruchu człowieka, a także występowanie czynników, które mogą istotnie wpłynąć na prawidłową ocenę dystansu marszu na bieżni, można zastanawiać się, czy to narzędzie badawcze, niewątpliwie wygodne w użyciu, jest najodpowiedniejszą formą oceny możliwości lokomocyjnych pacjenta z chromaniem przestankowym, np. w stosunku do bardziej naturalnej formy ruchu, jaką jest test marszu 6-minutowego [9, 10].

Podsumowując, autorzy niniejszego opracowania stwierdzają, że ocena dystansu marszu prowadzona na bieżni u pacjentów z chromaniem przestankowym powinna być wykonywana po wcześniejszym zapoznaniu chorego ze specyfiką tej formy ruchu, a okres adaptacyjny nie powinien być krótszy niż 6 min. W przyszłości wskazane byłoby również poszerzenie badań o próbę zróżnicowania czasu, jaki powinien być poświęcony na zapoznanie chorego z techniką marszu na bieżni w zależności od jego wieku i stopnia zaawansowania choroby.

## Podziękowania i oświadczenia

Badania finansowane ze środków MNiSW; projekt Nr N N404 026035.

Autorzy dziękują firmie Technomex za wypożyczenie sprzętu badawczego.

## Piśmiennictwo

- Weitz JL, Byrne J, Clagett GP, et al. Diagnosis and treatment of chronic arterial insufficiency of the lower extremities: a critical review. *Circulation* 1996; 94: 3026-49.
- Management of peripheral arterial disease (PAD). TransAtlantic Inter-Society Consensus (TASC). Section B: intermittent claudication. *Eur J Vasc Endovasc Surg* 2000; 19 (suppl A): S47-S114.
- Brzostek T, Mika P, Bromboszcz J. Miażdżycza tętnic kończyn dolnych – patofizjologia, klinika, leczenie i rehabilitacja. *Rehabilitacja* 2004; 8: 38-50.
- Bulmer AC, Coombes JS. Optimising exercise training in peripheral arterial disease. *Sports Med* 2004; 34: 983-1003.
- Hiatt WR, Hirsch AT, Regensteiner JG, Brass EP. Clinical trials for claudication. Assessment of exercise performance, functional status, and clinical end points. *Circulation* 1995; 92: 614-21.
- Sutkowska E, Dąbrowska G, Dziubek V i wsp. Próba wysiłkowa na bieżni w ocenianiu wydolności marszowej pacjentów z przewlekłym niedokrwieniem kończyn dolnych. *Pol Arch Med Wewn* 2001; 6: 525-31.
- Dong G, Porter RW. Walking and cycling tests in neurogenic and intermittent claudication. *Spine* 1989; 14: 965-9.
- Gardner AW, Skinner JS, Cantwell BW, Smith LK. Progressive vs. single-stage treadmill tests for evaluation of claudication. *Med Sci Sports Exerc* 1991; 23: 402-8.
- Montgomery PS, Gardner AW. The clinical utility of a six-minute walk test in peripheral arterial occlusive disease patients. *J Am Geriatr Soc* 1998; 46: 706-11.
- Gardner AW, Montgomery PS, Flinn WR, Katzel LI. The effect of exercise intensity on the response to exercise rehabilitation in patients with intermittent claudication. *J Vasc Surg* 2005; 42: 702-9.
- Zwierska I, Nawaz S, Walker RD, et al. Treadmill versus shuttle walk tests of walking ability in intermittent claudication. *Med Sci Sports Exerc* 2004; 36: 1835-40.
- Norgren L, Hiatt WR, Dormandy JA, et al. Inter-Society Consensus for the Management of Peripheral Arterial Disease (TASC II). *Eur J Vasc Endovasc Surg* 2007; 33 (suppl 1): S1-70.
- Gardner AW, Poehlman ET. Exercise rehabilitation programs for the treatment of claudication pain. A meta-analysis. *JAMA* 1995; 274: 975-80.
- Watson L, Ellis B, Leng GC. Exercise for intermittent claudication (Review). *The Cochrane Collaboration*. 4<sup>th</sup> issue. John Wiley & Sons, Cochrane Library 2008; 1-51.
- Mika P, Spodaryk K, Cencora A, Mika A. Red blood cell deformability in patient with claudication after pain-free treadmill training. *Clin J Sport Med* 2006; 16: 335-40.
- Gardner AW, Skinner JS, Smith KL. Effects of handrail support on claudication and hemodynamic responses to single-stage and progressive treadmill protocols in peripheral vascular occlusive disease. *Am J Cardiol* 1991; 68: 99-105.
- Nigg BM, De Boer RW, Fisher V. A kinematic comparison of overground and treadmill running. *Med Sci Sports Exerc* 1995; 27: 98-105.
- Peebles KC, Woodman-Aldridge AD, Skinner MA. The physiological cost index in elderly subjects during treadmill and floor walking. *N Z J Physiother* 2003; 31: 11-6.
- Wank V, Frick U, Schmidtbleicher D. Kinematics and electromyography of lower limb muscles in overground and treadmill running. *Int J Sports Med* 1998; 19: 455-61.
- Murray MP, Spurr GB, Sepic SB, et al. Treadmill vs. floor walking: kinematics, electromyogram, and heart rate. *J Appl Physiol* 1985; 59: 87-91.
- Matsas A, Taylor N, McBurney H. Knee joint kinematics from familiarized treadmill walking can be generalized to overground walking in young unimpaired subjects. *Gait Posture* 2000; 11: 46-53.
- White SC, Gilchrist LA, Christina KA. Within-day accommodation effects on vertical reaction forces for treadmill running. *J Appl Biomech* 2002; 18: 74-82.
- Lavcanska V, Taylor NF, Schache AG. Familiarization to treadmill running in young unimpaired adults. *Hum Mov Sci* 2005; 24: 544-57.
- Gardner AW, Forrester L, Smith GV. Altered gait profile in subjects with peripheral arterial disease. *Vasc Med* 2001; 6: 31-4.
- Scherer SA, Hiatt WR, Regensteiner JG. Lack of relationship between gait parameters and physical function in peripheral arterial disease. *J Vasc Surg* 2006; 44: 782-8.
- Crowther RG, Spinks WL, Leicht AS, et al. Effects of a long-term exercise program on lower limb mobility, physiological responses, walking performance, and physical activity levels in patients with peripheral arterial disease. *J Vasc Surg* 2008; 47: 303-9.
- McCully K, Leiper C, Sanders T, Griffin E. The effect of peripheral vascular disease on gait. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci* 1999; 54: B291-4.
- Taylor NF, Evans OM, Goldie PA. Angular movements of the lumbar spine and pelvis can be reliably measured after 4 minutes of treadmill walking. *Clin Biomech (Bristol, Avon)* 1996; 11: 484-6.
- Schieb DA. Kinematic accommodation of novice treadmill runners. *Res Quart Exerc Sports* 1986; 57: 1-7.
- Womack CJ, Sieminski DJ, Katzel LI, et al. Improved walking economy in patients with peripheral arterial occlusive disease. *Med Sci Sports Exerc* 1997; 29: 1286-90.
- Regensteiner JG, Meyer TJ, Krupski WC, et al. Hospital vs. home-based exercise rehabilitation for patients with peripheral arterial occlusive disease. *Angiology* 1997; 48: 291-300.
- Hiatt WR, Wolfel EE, Meier RH, Regensteiner JG. Superiority of treadmill walking exercise versus strength training for patients with peripheral arterial disease. *Circulation* 1994; 90: 1866-74.
- Regensteiner JG, Steiner JF, Hiatt WR. Exercise training improves functional status in patients with peripheral arterial disease. *J Vasc Surg* 1996; 23: 104-15.
- Gardner AW, Killewich LA, Montgomery PS, Katzel LI. Response to exercise rehabilitation in smoking and nonsmoking patients with intermittent claudication. *J Vasc Surg* 2004; 39: 531-8.